Journal of Horticultural Science
Vol. 34, No.3, Fall 2020, P. 451-463
ISSN: 2008 - 4730

نشریه علوم باغبانی (علوم و صنایع کشاورزی)
جلد ۳۴، شماره ۳، پاییز ۱۳۹۹، ص. ۴۶۳-۴۵۱
شاپا: ۴۷۳۰ - ۲۰۰۸

مقاله علمی-پژوهشی

بررسی اثر زئولیت و بافت خاک بر خصوصیات کمی و کیفی گیاه پرچینی برگ نو (*Ligustrum vulgare*) در سطوح مختلف آبیاری

یحیی سلاح ورزی[1*]- سمیه سرفراز[2]- محسن ذبیحی[3]- مریم کمالی[4]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۸/۰۷/۰۳
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۹/۰۲/۲۳

چکیده

خشکی به عنوان یکی از مهم‌ترین عوامل محدود کننده رشد و تولید گیاهان در فضای سبز شهری شناخته شده است. از طرفی استفاده از تکنیک‌های جدید برای حفظ رطوبت خاک ضروری به نظر می‌رسد. از جمله این تکنیک‌ها جهت افزایش نگهداری آب در خاک استفاده از مواد جاذب رطوبت طبیعی مثل زئولیت است. بنابراین به منظور بررسی اثر زئولیت و بافت خاک بر صفات کمی و کیفی گیاه پوششی برگ نو تحت تنش خشکی، آزمایشی به صورت فاکتوریل بر پایه طرح کاملاً تصادفی و در سه تکرار در گلخانه دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد، در سال ۱۳۹۷ طراحی و اجرا شد. تیمارهای مورد آزمایش شامل چهار نوع بافت خاک (۱۰۰ ٪ خاک، ۱۰۰ ٪ شن، ۸۰ ٪ شن +۲۰ ٪ زئولیت، ۸۰٪ خاک + ۲۰٪ زئولیت) و سه سطح آبیاری (۲۵، ۵۰ و ۱۰۰ ٪ ظرفیت زراعی) بود. با توجه به نتایج به دست آمده، کاهش سطوح آبیاری منجر به کاهش صفات رویشی از جمله وزن تر و خشک گیاه برگ نو، کاهش محتوای نسبی آب برگ و افزایش نشت یونی شد. در بین چهار بستر کشت استفاده شده در این آزمایش، بیشترین وزن تر ساقه (۱۸ گرم)، وزن تر ریشه (۲۹ گرم)، وزن تر کل (۵۶ گرم) و وزن خشک کل (۲۰ گرم) در تیمار خاک+زئولیت، و بیشترین وزن تر برگ، حجم ریشه و ارتفاع گیاه در دو تیمار خاک و خاک+زئولیت و کمترین حجم ریشه بدون اختلاف معنی دار در دو تیمار شن و شن+زئولیت بود. ضمن اینکه در تیمارهای حاوی زئولیت میزان نشت یونی نسبت به سایر بسترهای کشت کمتر بود. همچنین بیشترین مقدار عدد شاخص سبزینگی برگ (۷۲) و کلروفیل b (۳۱/۵ میلیگرم بر گرم وزن تر) در تیمار شن+زئولیت و ۲۵ ٪ ظرفیت زراعی مشاهده شد. با توجه به نتایج به‌دست آمده به نظر می‌رسد بستر کشت حاوی خاک و همچنین بستر کشت حاوی خاک و زئولیت در شرایط کم آبیاری، محیط مناسب تری برای رشد گیاه برگ نو بوده و بسترهای سبک شنی منجر به کاهش رشد گیاه در شرایط بدون تنش و همچنین تحت تنش خواهد شد.

واژه‌های کلیدی: سطح برگ، فضای سبز، کلروفیل، محتوای نسبی آب، نشت الکترولیت

مقدمه

تنش خشکی یکی از مهمترین عوامل تاثیرگذار بر زندگی گیاهان بوده و منجر به کاهش رشد و تولید در گیاهان می‌گردد. خشکی تولید را در ۲۵ ٪ زمین‌های کشاورزی جهان محدود کرده است. نگاهی به اطلاعات و آمار موجود نشان می‌دهد که میزان آب مصرفی در فضای سبز شهری سهم قابل توجهی از مصارف عمومی را به خود اختصاص داده است. توجه به الگوی مصرف آب در آبیاری فضای سبز نشان می‌دهد که راندمان مصرف آب در این بخش کمتر از ۴۰ ٪ است (۴). در شرایط خشکی تحمل تنش و سازگاری با شرایط هیدرولیکی یکی از مهمترین ویژگی‌ها برای گیاهان محسوب می‌شود (۷). فرآیند پسابیدگی در طول تنش خشکی به‌وسیله تغییرات در ارتباطات آبی و فرایندهای بیوشیمیایی و فیزیولوژیکی، تغییر در ساختار غشا سلول و اندامک‌های داخل سلولی صورت می‌گیرد. در این شرایط ترکیبی از عوامل محیطی و فیزیولوژیکی منجر به کاهش رشد در گیاهان می‌گردد و جذب آب بیشتر، بستگی به در دسترس بودن آب و کارایی آب قابل استفاده دارد (۱۱). یکی از عوامل مهم و تاثیر گذار بر هدایت هیدرولیکی، میزان مصرف و ذخیره آب، بافت خاک است (۳۸). در بررسی انواع بافت خاک مشخص شده که خاک‌های رسی از لحاظ مواد غذایی غنی بوده، اما چسبنده و هنگام مرطوب شدن قالب پذیر بوده و دارای خلل و فرج کمی هستند. بنابراین نفوذ ریشه در آن به

۱ و ۴- به‌ترتیب استادیار و دانش‌آموخته دکتری، گروه باغبانی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد
(*- نویسنده مسئول: Email: Selahvarzi@umac.ir)
۲ و ۳- کارشناسان شهرداری مشهد

DOI: 10.22067/jhorts4.v34i3.83164

سختی صورت گرفته و زهکشی پایینی دارند و به دلیل زهکشی پایین مواد مغذی در دسترس گیاه قرار نمی‌گیرند. خاک‌های لومی مواد مغذی گیاه را در خود حفظ کرده و زهکشی مناسبی دارند. در حالیکه خاک‌های شنی به دلیل زهکشی بالا قادر به حفظ مواد مغذی خود نیستند و آب به راحتی از آن خارج می‌شود (۲). بافت خاک یک عامل غیر زیستی مهم در توزیع مواد معدنی و نگهداری مواد آلی خاک و توده میکروبی است. توزیع منافذ تاثیر مهمی بر فراوانی قارچها و باکتری‌ها دارد که خود نقش مهمی در معدنی شدن کربن ایفا می‌کند (۲۰). از طرفی تخصیص منابع جدید آب برای فضای سبز، به ویژه در مناطق خشک و نیمه خشک، با مشکلاتی جدی روبرو است. بنابراین آب تخصیص یافته به آبیاری فضای سبز دارای ارزش زیادی بوده و باید به صورت بهینه و با راندمان بالا استفاده شود (۱۶). در این راستا اصطلاح خشک منظر سازی برای فضای سبز شهرها توسط برنامه ریزان به دلیل کمبود منابع آب مطرح شده است. این برنامه مشتمل بر چند اصل بوده که از جمله آن به اصلاح خاک بستر در فضای سبز اشاره دارد (۴). امروزه یکی از روش‌های جدید و موثر به منظور اصلاح بستر و حفظ آب و مواد معدنی در خاک، استفاده از زئولیت‌هاست. زئولیت‌ها، سدیم آلومینو سیلیکات‌هایی با ساختار داربستی هستند که یون‌های بزرگ و مولکول‌های آب حفره‌های آن‌ها را اشغال کرده و در ساختار آن‌ها متحرک می‌باشند، به طوری که واکنش‌های تعویض یون و آبگیری آن‌ها، به صورت برگشت پذیر انجام می‌شود (۱۲). زئولیت‌ها به علت تخلخل بالا و ساختمان بلوری قادر به جذب آب تا ۷۰ ٪ حجم خود می‌باشند. به‌طوریکه به عنوان تنظیم کننده آب عمل کرده و می توان از آن‌ها برای بهبود تعادل آب در خاک در شرایط کمبود رطوبت به ویژه در مراحل رشدی حساس به کاهش رطوبت استفاده کرد (۲۱). قدرت جذب آب زئولیت‌ها و از دست دادن آن بدون تخریب ماتریکس می‌تواند سطح آب را در مناطق کم رطوبت کنترل کند. با تغییر در مقدار رطوبت خاک، انرژی گرمایی توده خاک نیز به مقدار قابل ملاحظه ای تغییر می‌کند (۳۶). از طرفی زئولیت‌ها دارای عناصری نظیر پتاسیم، کلسیم، سدیم، سیلیسیم، آلومینیوم، منیزیم، آهن و فسفر هستند که می‌توانند به عنوان بهترین مکمل غذایی و کود کشاورزی محسوب شده و در بهره برداری و تولید بیشتر محصولات کشاورزی نقش مهمی ایفا نمایند. مشخص شده است که کاربرد زئولیت، ثابت ماندن مخزن آب در منطقه ریشه را در طول دوران خشکی تضمین کرده و به انتشار افقی آب در خاک کمک می‌کند و می‌تواند اثرات تنش خشکی در گیاهان زراعی را تعدیل کند (۳۰). در فضای سبز شهری ترویج استفاده از گونه‌های متحمل به خشکی از یک طرف و همچنین تعیین نیاز آبی گیاهان موجود می‌تواند در کاهش مصرف آب موثر باشد. گونه‌های متحمل به خشکی از نظر ریخت شناسی و فیزیولوژی دارای خصوصیاتی هستند که آن‌ها را برای این مناطق مناسب می‌سازد (۳۳). گیاهان متحمل به خشکی در پنج گروه درختان، نخل‌ها، درختچه‌ها، گیاهان پوششی و تاک‌ها تقسیم بندی می‌شوند. در میان این گروه‌ها، گونه‌های زینتی بسیاری یافت می‌شوند که مساعد برای مناطق خشک هستند (۸). از جمله گیاهان پوششی و پرچینی پرکاربرد در فضای سبز می‌توان به گیاه برگ نو اشاره کرد (۳۴). برگ نو با نام علمی *Ligustrum vulgar* L. متعلق به تیره Oleaceae می‌باشد. این گیاه بومی مناطق گرم، کشورهای اروپایی و آسیایی از جمله ایران است (۳۴). برگ نو به صورت درختچه ای با ارتفاع ۲ الی ۴ متر و دارای برگ‌های خزان کننده می‌باشد، اما به دلیل آنکه در فصل زمستان همواره تعدادی از برگ‌ها روی تنه گیاه، باقی می‌مانند، گیاه ظاهری همیشه سبز از خود نشان می‌دهد. رنگ برگ‌ها در فصل زمستان قرمز- قهوه‌ای بوده که از این نظر، ظاهری زیبا به گیاه می دهد (۱۵). این گیاه به دلیل هرس‌پذیری، شکل‌پذیری، زیبایی و دوام از ارزش بالایی در فضای سبز برخوردار است (۱۷). با توجه به اینکه گیاه برگ نو یکی از گیاهان چند ساله پرچینی پرکاربرد در فضای سبز شهری است، پژوهش فوق با هدف بررسی اثر تنش خشکی و بافت خاک بر رشد و برخی صفات کمی و کیفی گیاه برگ نو طراحی و اجرا شد.

مواد و روش‌ها

این آزمایش به صورت فاکتوریل بر پایه طرح کاملاً تصادفی با ۲ تیمار و ۳ تکرار در گلخانه‌های علوم باغبانی دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد در بهار و تابستان ۱۳۹۷ اجرا شد. متوسط دمای روزانه و شبانه در گلخانه به ترتیب برابر با ۲ ± ۲۵ و ۲ ± ۱۸ درجه سانتی گراد بود و رطوبت نسبی بین ۷۰-۶۰ ٪ تنظیم شد. تیمارهای آزمایش شامل ۴ نوع بافت خاک (۱۰۰ ٪ خاک، ۱۰۰ ٪ شن، ۸۰ ٪ خاک +۲۰ ٪ زئولیت، ۸۰ ٪ شن + ۲۰ ٪ زئولیت) و سه سطح آبیاری (۲۵، ۵۰ و ۱۰۰ ٪ ظرفیت زراعی) بود. نهال یکساله برگ نو از تولیدات گیاهی سازمان پارک‌های مشهد خریداری شد. زئولیت طبیعی مورد استفاده از شرکت معدنی افرازند سمنان تهیه گردید. ذرات زئولیت (با اندازه ۳-۱ میلی متر)، چندین مرتبه با آب مقطر آبشویی شدند تا در حد امکان املاح اضافی آن خارج گردند. سپس به مدت ۲۴ ساعت در آون در دمای ۶۰ درجه سانتی‌گراد قرار داده شدند تا کاملاً خشک شوند. تعیین ظرفیت زراعی به منظور اعمال سطوح آبیاری، به روش وزنی بود. بدین منظور ابتدا گلدان‌های یکدست با وزن و شکل یکسان تهیه و با استفاده از ترازو به صورت هم وزن از خاک مزرعه پر شدند. سپس با افزودن آب، خاک هر گلدان را به درجه اشباع رسانده و پس از پوشاندن سطح گلدان‌ها به وسیله فویل آلومینیمی (جهت جلوگیری از تبخیر آب از سطح خاک گلدان) به مدت ۴۸ ساعت روی سطح مشبک قرار داده شد تا هر

گلدان پس از زهکشی آب اضافی، به ظرفیت مزرعه برسد. در این مرحله گلدان‌ها به سرعت وزن شده و خاک آن‌ها در دمای ۱۰۵ درجه سانتی گراد و به مدت ۲۴ ساعت کاملا خشک گردید. در ادامه پس از مشخص شدن درصد وزنی رطوبت خاک در ظرفیت مزرعه، میزان رطوبت موجود در خاک برای اعمال سطوح آبیاری مختلف مشخص گردید. خاک، شن، خاک با ۲۰ ٪ وزنی زئولیت و شن با ۲۰ ٪ وزنی زئولیت، به میزان ۴ کیلوگرم در گلدان‌های ۴ کیلوگرمی با قطر دهانه ۴۰ سانتیمتر ریخته شد. سپس نهال‌های یکساله برگ نو در گلدان‌های مورد نظر کاشته شدند. برای استقرار نهال‌ها و سازگار شدن آن‌ها با شرایط جدید، نهال‌ها به مدت یک ماه بدون اعمال تنش آبیاری شدند. سپس به منظور ارزیابی تنش کم آبی، گلدان‌های برگ نو به مدت ۳ ماه، به صورت منظم در معرض سه سطح آبیاری ذکر شده (۲۵، ۵۰ و ۱۰۰ ٪ ظرفیت زراعی) قرار گرفتند. به این ترتیب با وزن کردن روزانه تمامی گلدان‌ها در ساعت ۹ صبح، وضعیت رطوبتی آن‌ها مشخص گردید و نقصان رطوبتی گلدان‌های شاهد (۱۰۰ ٪ ظرفیت زراعی) با اضافه نمودن مقدار آب لازم به صورت روزانه و رساندن آن‌ها به حد ظرفیت زراعی جبران شد. در مورد سایر گلدان‌ها نیز بسته به تیمار مورد نظر (۵۰ و ۲۵ ٪ ظرفیت زراعی)، مقدار آب لازم جهت ایجاد تنش خشکی مربوطه اضافه گردید. اضافه وزن گیاهان نیز ثابت در نظر گرفته شد. در جدول ۱ نتایج آنالیز بافت خاک مورد آزمایش و در جدول ۲ ٪ مواد تشکیل دهنده زئولیت استفاده شده در این آزمایش آمده است.

جدول ۱- درصد اجزای تشکیل دهنده خاک
Table 1- Percentage of soil components

	Sand شن	Silt سیلت	Clay رس
لومی Loamy	14	42	18
شنی Sandy	71	15	14

جدول ۲- درصد اجزای تشکیل دهنده زئولیت
Table 2- Percentage of zeolite components

	P_2O_3 (%)	K_2O (%)	Na_2O (%)	MgO (%)	CaO (%)	T_1O_2 (%)	Fe_2O_3 (%)	Al_2O_3 (%)	SiO_2 (%)
زئولیت Zeolite	0.15	18.32	1	1.1	2.15	0.15	1.18	11.98	64

اندازه‌گیری صفات رویشی

پس از مشاهده علایم تنش و قبل از برداشت، ارتفاع گیاه، تعداد برگ، تعداد شاخه جانبی و طول شاخه جانبی در هر گلدان اندازه‌گیری شد. گیاهان از محل طوقه برداشت شده، برگ و ساقه آن‌ها جدا شده و وزن تر محاسبه گردید. ریشه‌ها به صورت کامل و با حداقل آسیب دیدگی از خاک خارج شد. سپس جهت جلوگیری از پلاسیدگی ریشه‌ها بلافاصله به یخچال انتقال یافتند. اندازه گیری بیشترین طول ریشه در محل گلخانه و بلافاصله پس از تخریب گلدان‌ها انجام گرفت. پس از شستشوی ریشه‌ها، حجم ریشه توسط استوانه مدرج و بر اساس میزان افزایش حجم آب نسبت به حالت اولیه (قانون ارشمیدوس) بر حسب سانتی‌متر مکعب اندازه‌گیری گردید (۱۴). در ادامه ریشه و اندام هوایی گیاه به مدت ۴۸ ساعت به آون با دمای ۷۵ درجه سانتی‌گراد منتقل شدند و سپس وزن خشک ریشه و اندام هوایی با ترازوی دیجیتال مدل GF-300 با دقت ۰/۰۰۱ مورد اندازه گیری قرار گرفتند. قطر ساقه با استفاده از کولیس (Model 22855, POWER FIX) و سطح برگ با دستگاه سطح برگ‌سنج (Model Li-Cor– 1300,USA) مورد اندازه گیری قرار گرفت.

اندازه‌گیری صفات فیزیوشیمیایی

محتوای رطوبت نسبی (Relative Water Content) برگ در برگ‌های کاملا توسعه یافته بعد از مشاهده علایم اولیه پژمردگی ناشی از تنش، مطابق با رابطه زیر محاسبه شد (۲۸).

$$RWC= (FW-DW)/ (SW-DW)\times 100$$

در این رابطه RWC محتوای رطوبت نسبی، FW وزن تر برگ، DW وزن خشک برگ و SW وزن آماس برگ بود.

جهت تعیین پایداری غشاء سلول‌های برگی از شاخص نشت الکترولیت استفاده گردید. در این روش ابتدا قطعات برگی با اندازه ۲ سانتی‌متر تهیه شد. این قطعات پس از شست و شو همراه با ۱۰ میلی

لیتر آب مقطر در لوله‌های آزمایش قرار گرفتند. سپس لوله‌ها به مدت ۱۷ تا ۱۸ ساعت بوسیله شیکر شدیدا تکان داده شدند. در این مرحله نشت الکترولیت اولیه (Ci) بوسیله دستگاه هدایت سنج، ساخت شرکت JEN WAY مدل ۴۳۱۰ اندازه گیری شد. سپس لوله‌های آزمایش جهت کشته شدن سلول‌های برگی، به اتوکلاو با دمای ۱۲۱ درجه سانتی‌گراد و فشار ۱/۲ اتمسفر به مدت ۱۵ دقیقه انتقال داده شدند. بدین طریق نشت الکترولیت ثانویه (Cm) نیز پس از سرد شدن محتویات داخل لوله‌های آزمایش اندازه‌گیری شد. در نهایت مقادیر نشت الکترولیت (EL) از طریق رابطه زیر محاسبه شد (۲۸).

$$EL = (Ci/Cm) \times 100$$

شاخص سبزینگی برگ (اسپد) با استفاده از دستگاه کلروفیل‌متر (SPAD) در سه قسمت از سه برگ مشابه، تازه و سالم شامل ابتدا، وسط و انتهای بوته اندازه‌گیری و میانگین آن برای بوته مورد نظر ثبت شد (۲۹). جهت اندازه‌گیری میزان کلروفیل a، b، کلروفیل کل و کارتنوئید، برگ‌های تازه به میزان ۰/۲ گرم را کاملا خرد کرده و در یک هاون چینی با ۱۰ میلی‌لیتر متانول ۹۶٪ سائیده تا به صورت یک توده یکنواختی درآید (عمل سائیدن و له کردن در محیط خنک و در جای کم نور صورت گرفت). مخلوط حاصل از کاغذ صافی رد شد و به مدت ده دقیقه سانتریفیوژ با سرعت ۲۵۰۰ دور در دقیقه انجام گرفت (۹). در مخلوط سانتریفیوژ شده دو فاز تشکیل می‌شود که محلول فاز بالا را برداشته و با استفاده از اسپکتروفتومتر ساخت شرکت Bio Quest انگلستان، مدل CE 2502 میزان جذب نور در طول موج‌های ۶۶۶، ۶۵۳ و ۴۷۰ نانومتر قرائت گردید. غلظت کلروفیل a (Chl a)، b (Chl b)،کلروفیل کل (total) Chl)) و کارتنوئید (Carotenoid Cx+c) با استفاده از روابط زیر محاسبه شد:

$$Chl\ a\ (g/ml) = 15/65\ A_{666nm} - 7/34\ A_{653nm}$$

$$Chl\ b\ (g/ml) = 27/05\ A_{653nm} - 11/21\ A$$

$$Chl\ (total) = Chla + Chlb + Cx + c$$

$$Carotenoid\ Cx{+}c = (1000\ A_{470nm} - 2.860\ Chl\ a - 129.2\ Chl\ b) / 245$$

تجزیه آماری داده‌های این پژوهش توسط نرم‌افزار JMP 8 تجزیه و تحلیل گردید. رسم نمودارها با استفاده از Excel و مقایسات میانگین‌ها با آزمون LSD در سطح احتمال خطای ۵ درصد انجام شد.

نتایج و بحث

میانگین مربعات حاصل از تجزیه واریانس صفات مورفولوژیک اندازه گیری شده در گیاه برگ نو نشان داد اثر ساده بستر کشت در تمام صفات مورفولوژیک اندازه گیری شده در این آزمایش در سطح احتمال ۱٪ معنی دار بود (جدول ۳). همچنین سطوح آبیاری اعمال شده بر تمام صفات مورفولوژیک به جز وزن تر ریشه، طول ریشه، میانگین طول شاخه جانبی و ارتفاع گیاه اثر معنی دار داشت. برهمکنش دو تیمار بستر کشت و سطوح آبیاری بر وزن تر برگ، طول ریشه، سطح برگ، تعداد برگ و طول شاخه جانبی معنی دار بود. بررسی میانگین مربعات حاصل از جدول ۴ مربوط به صفات فیزیوشیمیایی گیاه نیز نشان داد اثر ساده بستر کشت بر محتوای آب نسبی برگ، نشت یونی، میزان کلروفیل b، کلروفیل کل و مقدار کارتنوئید موجود در برگ گیاه برگ نو معنی دار است. سطوح متفاوت آبیاری بر تمام صفات فیزیوشیمیایی اندازه گیری شده به جز کلروفیل a اثر گذار بود. همچنین با توجه به نتایج جدول ۴ برهمکنش بستر کشت و سطوح آبیاری منجر به ایجاد اختلاف معنی داری در میزان صفات محتوای نسبی آب برگ، نشت الکترولیت، شاخص سبزینگی برگ، کلروفیل b و کارتنوئید شد.

وزن تر اجزای گیاه (ساقه، ریشه، برگ)، وزن تر و خشک کل گیاه برگ نو

با توجه به نتایج جدول ۵ با کاهش میزان آب آبیاری از ۱۰۰ به ۲۵٪ ظرفیت زراعی میزان وزن تر و خشک گیاه کم شد. به طوریکه در تنش ۲۵٪ ظرفیت زراعی مقدار وزن تر ساقه، وزن تر کل و وزن خشک کل گیاه به ترتیب ۲۵/۶، ۲۷/۶ و ۱۷٪ نسبت به شاهد آبیاری (۱۰۰٪ ظرفیت زراعی) کاهش داشت. بررسی اثر نوع بافت خاک نشان داد بیشترین وزن تر ساقه (۱۸ گرم)، وزن تر ریشه (۲۹ گرم)، وزن تر کل (۵۶ گرم) و وزن خشک کل (۲۰ گرم) در تیمار خاک+زئولیت بود و سه تیمار بافتی دیگر بر صفات فوق تاثیر یکسان داشتند (جدول ۵). طبق نتایج جدول ۶ مربوط به برهمکنش دو تیمار بافت خاک و تنش خشکی، وزن تر برگ در شرایط آبیاری با ۱۰۰ ٪ ظرفیت زراعی و در دو تیمار خاک و خاک+زئولیت نسبت به سایر تیمارها بیشتر بود. همچنین با کاهش میزان آب آبیاری از ۱۰۰ به ۵۰ ٪ ظرفیت زراعی وزن تر برگ در ۴ تیمار مربوط به بافت خاک یعنی شن، شن+زئولیت، خاک، خاک+زئولیت به ترتیب ۵۷، ۶۷، ۳۰ و ۳۴ ٪ کاهش داشت. به این ترتیب مشاهده شد که با کم کردن آب آبیاری از ۱۰۰ به ۵۰ ٪ ظرفیت زراعی کمترین کاهش وزن تر برگ در دو تیمار خاک و خاک+ زئولیت بود (جدول ۶).

طول و حجم ریشه، ارتفاع گیاه، قطر ساقه، تعداد برگ، تعداد شاخه جانبی، طول شاخه جانبی، سطح برگ

کم آبیاری ۵۰ ٪ ظرفیت زراعی منجر به کاهش حجم ریشه، قطر ساقه و تعداد شاخه جانبی نسبت به شاهد آبیاری شد. با تشدید کم آبیاری از ۵۰ به ۲۵ ٪ ظرفیت زراعی نیز مقادیر این صفات کم شد هرچند این کاهش معنی دار نبود. بیشترین حجم ریشه (به ترتیب برابر ۳۰/۴ و ۳۴ سانتیمتر مکعب) و ارتفاع گیاه (به ترتیب ۶۲ و ۷۰ سانتیمتر) در دو تیمار خاک و خاک+زئولیت مشاهده شد و کمترین حجم ریشه بدون اختلاف معنی دار در دو تیمار شن و شن+زئولیت بود (جدول ۵).

جدول ۳- میانگین مربعات حاصل از تجزیه واریانس صفات مورفولوژیک اندازه گیری شده در گیاه برگ نو

Table 3- Average squares of variance analysis for morphological traits measured in *Ligustrum vulgare*

منابع تغییرات S.O. V	درجه آزادی df	وزن تر برگ Leaf fresh weight	وزن تر ساقه Stem fresh weight	وزن تر ریشه Root fresh weight	وزن تر کل Total fresh weight	وزن خشک کل Total dry weight	طول ریشه Root length	حجم ریشه Root volume	سطح برگ Leaf area	ارتفاع گیاه Plant height	قطر ساقه Stem diameter	تعداد برگ Leaf number	تعداد شاخه جانبی Number of lateral shoot	طول شاخه جانبی Length of lateral shoot
بستر کشت Planting bed (A)	3	84.621**	160.674**	303.288**	1524.992**	166.489**	458.546**	354.407**	83781616.09**	26.081**	7.596**	8678.250**	13.509**	151.066**
سطوح آبیاری FC(%) Irrigation levels (B)	2	36.488**	37.104**	41.245ns	460.466**	12.315**	81.444ns	98.361**	457976669.848**	26.882ns	3.115*	88.194ns	13.861**	5.244ns
A ×B	6	3.578*	3.357ns	4.074ns	21.697ns	3.491ns	243.852*	16.213ns	5942239.0.49*	80.900ns	0.598ns	310.750*	2.787ns	30.266**
خطا Error	24	1.530	7.988	14.133	26.491	7.774	77.162	8.250	2229214.738	58.813	0.762	123.889	2.111	6.725
درصد تغییرات CV (%)		16.29	23.56	15.03	13.73	19.68	14.94	11.36	8.89	13.61	13.31	10.30	19.89	1685

ns، *، ** به ترتیب بیانگر اختلاف غیر معنی دار، معنی‌دار در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد.

ns, *, **; indicate no significant difference and significant difference at 5 and 1% of probability levels, respectively.

جدول ٤- میانگین مربعات حاصل از تجزیه واریانس صفات فیزیوشیمیایی اندازه گیری شده در گیاه برگ نو

Table 4- Average squares of variance analysis for physiochemical traits measured in *Ligustrum vulgare*

منابع تغییرات S.O. V	درجه آزادی df	محتوای نسبی آب برگ Relative water content of leaf	نشت یونی Ion leakage	شاخص سبزینگی برگ Spad Index	کلروفیل a Chlorophyll a	کلروفیل b Chlorophyll b	کلروفیل کل Total Chlorophyll	کارتنوئید Carotenoid
بستر کشت Planting bed (A)	2	446.660**	764.735**	62.039ns	207.058ns	42.194*	244.671*	36.769**
سطوح آبیاری FC(%) Irrigation levels (B)	2	2877.871**	1168.818**	535.351**	14.146ns	187.351**	482.112**	60.813**
A ×B	6	214.529*	148.093*	150.414*	163.728ns	46.871**	155.668ns	9.735*
خطا Error	24	65.404	57.742	49.819	81.539	12.250	78.323	2.927
درصد تغییرات CV (%)		15.39	94.18	11.83	23.98	17.45	15.67	15.76

ns، *، ** به ترتیب بیانگر اختلاف غیر معنی دار، معنی‌دار در سطح ۵ و ۱ درصد.

ns, *, **; indicates no significant difference and significant difference at 5 and 1% respectively.

با اضافه کردن ۲۰٪ زئولیت به حجم خاک قطر ساقه ۴۲٪ افـزایش نشان داد این در حالی است که قطر ساقه بین سایر تیمارهـای بـافتی اختلاف معنی داری نداشت. دو تیمار شن و شن+ زئولیت تعداد شـاخه جانبی کمتری نسبت به دو تیمار خاک و خاک+زئولیت داشتند. طبـق نتایج حاصل از جدول ۶ طول ریشه در تیمار ۱۰۰٪ خاک و آبیاری بـا ۱۰۰٪ ظرفیت زراعی ۴۴ سانتی‌متر بود ولی با کاهش آب آبیـاری بـه ۵۰٪ ظرفیت زراعی طول ریشه به ۷۳ سانتی‌متر افزایش پیـدا کـرد و در تنش ۲۵٪ ظرفیت زراعی به ۵۳ سانتی‌متر در همـین تیمـار بـافتی رسید. تیمار خاک+زئولیت در دو سـطح آبیـاری ۱۰۰ و ۵۰٪ ظرفیـت زراعی به ترتیب با ۱۵۴ و ۱۵۰ برگ بیشترین تعـداد بـرگ را داشـت. همچنین نتایج نشان داد با کـاهش مقـدار آب آبیـاری از ۵۰ بـه ۲۵٪ ظرفیت زراعی میانگین طول شاخه جانبی در بستر شن ۳۹٪، در بستر شن+زئولیت ۱۶٪، در بستر خاک ۳/۸٪ و در بسـتر خـاک + زئولیـت ۰/۴٪ کاهش داشته است. ضمن اینکه سطح برگ با ۱۱۵۰۰ سـانتیمتر مربع در هر گیاه برگ نو در تیمار خاک+زئولیت و آبیـاری بـا ظرفیـت کامل زراعی نسبت به سایر تیمارها بیشتر بود.

نشت یونی و محتوای نسبی آب برگ

برهمکنش اثر نوع بافت بسـتر کشـت و تـنش خشـکی نشـان داد بـا کاهش مقدار آب آبیاری، نشت یونی سلول‌های برگی گیاه برگ نو به تدریج رو به افزایش گذاشت و در عین حال محتوای نسبی آب بـرگ به تدریج کم شد. به این ترتیب نشت یونی در شـاهد آبیـاری (۱۰۰٪ ظرفیت زراعی) در تیمارهای شن، شن+زئولیت، خاک و خاک+زئولیت به ترتیـب ۳۵، ۲۳، ۴۳ و ۲۶٪ بـود و در تـنش شـدید ۲۵٪ ظرفیـت زراعی در همین تیمارهـا بـه ترتیـب بـه ۴۳، ۳۴، ۵۵ و ۵۱ ٪ رسـید. محتوای نسبی آب برگ در شرایطی که محیط بستر کشـت بـا تیمـار خاک+زئولیت پر شده بود و با ۱۰۰ ٪ ظرفیت زراعی آبیاری شد ۷۱ ٪ و در تیمار شن+زئولیت در همین سطح آبیاری ۶۵ ٪ بود (جدول ۶).

شاخص سبزینگی برگ، کلروفیل a، کلروفیل b، کلروفیل کل و کارتنوئید

مقدار کلروفیل a در تیمار ۱۰۰٪ شـن ۴۰/۶ و در تیمـار خـاک ۳۱/۲ میلی‌گرم بر گرم وزن تر بود. خشکی منجر به افزایش کلروفیـل کـل شد به‌طوری‌که مقدار این صفت در ۱۰۰٪ ظرفیـت زراعـی ۵۰ میلـی گرم بر گرم بـود و در تـنش ۲۵٪ بـه ۶۳ میلـی‌گـرم افـزایش یافـت. همچنین در بین چهار بستر استفاده شـده میـزان کلروفیـل در بسـتر خاک (۵۰/۱ میلی‌گـرم) و خاک+زئولیـت (۵۴/۴ میلـی‌گـرم) کـاهش داشت. بیشترین مقدار عدد اسپد (۷۲) و کلروفیل b (۳۱/۵ میلی‌گرم بر گرم وزن تر) در تیمار شن+زئولیت و ۲۵٪ ظرفیت زراعی مشاهده شد. مقدار کارتنوئید موجود در برگ گیاه برگ نو در ۱۰۰٪ ظرفیت زراعـی در تیمار خاک ۷/۵ و در تیمار خاک+زئولیت ۸/۸ میلـی‌گـرم بـر گـرم وزن تر بود.

بحث

وزن تر و خشک زیست توده، به عنوان صفت پایدار در انـدازه گیـری میزان رشد گیاهان، می‌تواند در ارزیابی میزان تولید در شـرایط تـنش خشکی موثر باشد. تنش خشـکی اعمـال شـده در سـطوح ۵۰ و ۲۵٪ ظرفیت زراعی منجر به کـاهش صـفات رویشـی از جملـه وزن تـر و خشک، تعداد برگ و سطح برگ شد. در واقع تنش خشکی با کـاهش سطح برگ و اختلال در دستگاه فتوسنتزی، منجر به پیری زودرس در برگ‌ها شده و در نتیجه تعداد برگ کاهش یافت (۱۰). از آنجا کـه بـا کاهش محتوای رطوبت خاک، پسابیدگی پروتوپلاسم توام بـا کـاهش آماس سلول اتفاق می‌افتد، اندازه سلول و سرعت تقسیم سلولی رونـد کاهشی شدیدی پیدا می‌کند که منجر به کاهش میزان رشـد و سـطح فتوسنتز کننده گیاه می‌شود (۲۳). به عبـارتی در شـرایط تـنش، گیـاه دچار محدودیت تغذیه‌ای شده و به دنبال آن تولید اندام هوایی کمتر و انرژی موجود از طریق فتوسنتز کاهش می‌یابد (۴۰). اگرچه در مطالعه حاضر تیمارهای آبیاری اعمال شده بر ارتفاع گیاه پرچینی برگ نو اثـر معنی دار نداشت، اما در تحقیقات مشاهده شـد کـه در گیـاه پرچینـی زرشک زینتی بـا کـاهش آب آبیـاری از ۱۰۰ بـه ۸۰ و ۲۵٪ ظرفیـت زراعی ارتفاع گیاه و طول شاخه کاهش یافت (۳۳).

تعـداد شـاخه جـانبی بـه عنـوان یکـی از شـاخص‌هـای زیبـایی در درختچه‌های زینتی مورد توجه قرار می‌گیرد. بررسی اثر تنش خشـکی بر تعداد شاخه‌های جانبی نشان داد اگرچه با اعمال تـنش از ۱۰۰ بـه ۵۰٪ ظرفیت زراعی تعداد شاخه کم شـد ولـی بـین دو سـطح تـنش اعمال شده یعنی ۵۰ و ۲۵٪ ظرفیت زراعی از این نظر اختلاف معنـی داری وجود نداشت. تعداد شـاخه در گیاهـان معمـولا تـابعی از وزن و تعداد گره در ساقه می‌باشد (۳۳)، بنابراین با توجه به کاهش وزن گیاه، سطح و تعداد برگ در اثر افزایش تـنش، کـاهش تعـداد شـاخه دور از انتظار نیست. با توجه به اینکه ارتفاع و تعـداد شـاخه جـانبی در گیـاه برگ نو، به عنوان گیاهی که در فضای سبز به عنوان پـرچین کـاربرد دارد، از اجزای مهم در زیبایی و کارایی ایـن گیـاه بـه شـمار مـی‌رود، گزینش بوته‌هایی که شاخه خود را در شرایط تنش حفظ می‌کنند و در عین حال کاهش ارتفاع معنی داری ندارند، می‌تواند در بهبـود کـارایی این گیاه پرچینی در این شرایط موثر باشد.

جدول ۵- اثر ساده تنش خشکی و بافت خاک بر صفات کمی و کیفی اندازه‌گیری شده در گیاه برگ نو

Table 5-. Comparison of mean simple effects of drought stress and soil texture on quantitative and qualitative traits in *Ligustrum vulgare*

تیمارها Treatments		وزن تر ساقه Stem fresh weight (g plant^{-1})	وزن تر ریشه Root fresh weight (g plant^{-1})	وزن تر کل Total fresh weight (g plant^{-1})	وزن خشک کل Total dry weight (g plant^{-1})	حجم ریشه Root volume (cm^3)	ارتفاع Height (cm)	قطر ساقه Stem diameter (cm)	تعداد شاخه جانبی Number of lateral branches	کلروفیل a Chlorophyll a (mg/gfw)	کلروفیل کل Total Chlorophyll (mg/gfw)
بستر کشت Planting bed	شن Sand	10.14^{b}	17.93^{b}	31.80^{b}	12.96^{bc}	22.88^{b}	53.72^{b}	6.21^{b}	6.66^{bc}	40.69^{a}	61.97^{a}
	شن+زئولیت Sand + zeolite	11.18^{b}	19.97^{b}	34.22^{b}	13.13^{b}	24.66^{b}	58.66^{b}	6.24^{b}	6.60^{bc}	36.84ab	59.23^{a}
	خاک Soil	8.50^{b}	16.22^{b}	27.37^{b}	10.25^{c}	30.44^{a}	62.22^{a}	5.56^{b}	7.77^{ab}	31.21^{b}	50.17^{b}
	خاک+زئولیت Soil + Zeolite	18.11^{a}	29.24^{a}	56.50^{a}	20.30^{a}	34.11^{a}	70.77^{a}	7.91^{a}	8.77^{a}	41.86^{a}	54.47^{ab}
سطوح آبیاری (FC٪) Irrigation levels	100	13.74^{a}	19.31^{a}	44.19^{a}	15.65^{a}	28.58^{a}	52.91^{a}	6.07^{a}	8.50^{a}	36.53^{a}	50.79^{b}
	50	12.01^{ab}	20.31^{a}	36.29^{b}	13.86^{b}	23.66^{b}	54.62^{a}	6.50^{ab}	7.00^{b}	36.62^{a}	55.28^{b}
	25	10.22^{b}	22.90^{a}	31.97^{b}	12.98^{b}	23.58^{b}	53.16^{a}	7.09^{b}	6.41^{b}	33.79^{a}	63.31^{a}

میانگین‌های دارای حروف مشترک در هر ستون، در سطح احتمال ۱ درصد ، بر اساس آزمون LSD دارای تفاوت معنی‌داری نیستند.

Means with similar letters in each column do not have significant difference based on LSD test ($p \le 0.01$)

جدول ٦- برهمکنش تنش خشکی × بافت خاک بر صفات کمی و کیفی اندازه‌گیری شده در گیاه برگ نو

Table 6- Interactions effects of drought stress ×soil texture on quantitative and qualitative traits in *Ligustrum vulgare*

بستر کاشت Planting bed	سطوح آبیاری Irrigation levels (FC%)	وزن تر برگ leaf Fresh weight (g plant^{-1})	طول ریشه Root length (cm)	تعداد برگ Leaf Number	طول شاخه جانبی branch (cm) length	سطح برگ Leaf area (cm^2)	نشت یونی ion leakage (%)	محتوای نسبی آب برگ Relative water content (٪)	شاخص سبزینگی برگ Spad	کلروفیل b Chlorophyll b (mg/gfw)	کارتنوئید carotenoid (mg/gfw)
شن Sand	100	5.16^{cd}	67.03	92.67^{e}	14.13^{cd}	5783^{cd}	35.19^{bcde}	62.51^{ab}	93.50^{de}	17.93^{d}	8.48^{de}
	50	2.21^{e}	71.33^{a}	82.33^{ef}	14.53^{cd}	5605^{d}	36.51^{bcd}	54.58^{bc}	57.20^{cd}	20.27^{bcd}	11.81^{bc}
	25	0.77^{f}	67.00^{ab}	72.33^{f}	8.75^{e}	1632^{f}	43.19^{bc}	25.16^{d}	62.73^{abcd}	25.65^{ab}	13.65^{ab}
شن+زئولیت Sand + zeolite	100	5.44^{c}	55.33^{bcd}	94.00^{e}	16.36^{bc}	5197^{d}	23.46^{e}	65.59^{ab}	44.90^{e}	16.49^{d}	9.93^{cde}
	50	1.80^{ef}	64.67^{abc}	80.67^{ef}	11.50^{de}	3673^{e}	31.86^{cde}	46.90^{c}	72.03^{ab}	19.13^{cd}	11.26^{bcd}
	25	1.44^{ef}	64.67^{abc}	75.33^{ef}	9.65^{e}	2090^{f}	34.23^{cde}	27.87^{d}	72.77^{a}	31.54^{a}	16.18^{a}
خاک Soil	100	11.26^{a}	44.00^{d}	124.3^{cd}	21.59^{a}	7362^{bc}	4307^{bc}	64.69^{ab}	52.70^{de}	18.56^{d}	7.50^{e}
	50	8.66^{b}	73.67^{a}	21.3^{cd}	19.72^{ab}	5451^{d}	4778^{b}	66.94^{ab}	65.53^{abc}	18.27^{d}	8.81^{de}
	25	7.88^{b}	53.33^{bcd}	113.3^{d}	18.97^{ab}	2206^{f}	5577^{a}	56.86^{bc}	60.17^{bcd}	16.04^{d}	7.40^{e}
خاک+زئولیت Soil + Zeolite	100	10.92^{a}	50.00^{cd}	154.7^{a}	22.21^{a}	11500^{a}	26.02^{de}	71.24^{a}	59.20^{cd}	15.05^{d}	8.88^{de}
	50	7.15^{b}	53.67^{bcd}	150.07^{ab}	14.13^{cd}	9096^{b}	33.22^{cde}	55.77^{bc}	58.33^{cd}	16.95^{d}	10.82^{bcd}
	25	5.74^{c}	52.67^{bcd}	134.7^{bc}	14.07^{cd}	6415^{c}	51.13^{a}	32.63^{d}	59.20^{cd}	24.87۴^{bc}	15.53^{a}
LSD		2.08	14.80	18.76	4.391	795/6	12.81	13.63	11.89	5.89	2.88

میانگین‌های دارای حروف مشترک در هر ستون، در سطح احتمال ۱ درصد ، بر اساس آزمون LSD دارای تفاوت معنی‌داری نیستند.

Means with similar letters in each column do not have significant difference based on LSD test (*$p \leq 0.01$*)

بطور کلی در این مطالعه مشخص شد که کاهش نیاز آبی از ۱۰۰ به ۲۵٪ ظرفیت زراعی، روی ارتفاع گیاه و کاهش آب مصرفی از ۵۰ به ۲۵٪ ظرفیت زراعی روی تعداد شاخه فرعی در گیاه برگ نو تاثیر منفی ندارد و می‌توان با کاهش مقدار آب مصرفی به تعداد شاخه مناسب در این گیاه رسید که ضمن کاهش مصرف آب زیبایی گیاه نیز حفظ شود.

همانطور که در نتایج گزارش شد طول ریشه در تیمار ۱۰۰٪ خاک و آبیاری با ۱۰۰٪ ظرفیت زراعی ۴۴ سانتی‌متر بود ولی با کاهش آب آبیاری به ۵۰٪ ظرفیت زراعی طول ریشه به ۷۳ سانتی‌متر افزایش پیدا کرد و در تنش ۲۵٪ ظرفیت زراعی به ۵۳ سانتی‌متر در همین تیمار بافتی رسید. در سایر تیمارهای مربوط به نوع بستر نیز افزایش طول ریشه در شرایط تنش خشکی مشاهده شد. این طور به نظر می‌رسد کمبود آب باعث توسعه ریشه به بخش‌های عمیق‌تر و مرطوب‌تر خاک می‌شود و فرآیند توسعه برگ را سریعاً تحت تاثیر قرار می‌دهد اما فعالیت فتوسنتزی به مقدار کمتری تحت تاثیر قرار می‌گیرد. جلوگیری از توسعه برگ میزان مصرف کربن و انرژی را در اندام هوایی کاهش می‌دهد و سهم بیشتری از مواد کربوهیدراته گیاه در ریشه توزیع می‌گردد که در آنجا ریشه توانایی جذب آب و مواد معدنی بیشتری را می‌یابد که در نهایت منجر به افزایش طول ریشه می‌گردد (۶).

با توجه به نتایج به‌دست آمده بیشترین وزن تر ساقه، وزن تر ریشه، وزن تر کل و وزن خشک کل در تیمار خاک+زئولیت بود. مطالعات نشان داد که مصرف سوپرجاذب منجر به افزایش وزن تر شاخه در گیاهانی مانند گوجه فرنگی و خربزه گردید (۳۰). مطابق با نتایج حاصل از این پژوهش، استفاده از سوپرجاذب منجر به افزایش وزن خشک ریشه در گیاهانی از جمله کتان روغنی (۲۴) گردید. این امر به دلیل افزایش ظرفیت نگهداری آب، افزایش آب قابل دسترس، افزایش جذب عناصر غذایی و بهبود رشد گیاه می‌باشد (۳۹).

تاثیر تنش خشکی روی مورفولوژی نهال داغداغان در مشهد بین آبیاری یک روز در میان و چهار روز یک بار نشان داد صفات ارتفاع، تعداد برگ، وزن خشک و نسبت سطح برگ کاهش معنی داری داشته ولی در قطر یقه اختلاف معنی‌داری بین شاهد و خشکی مشاهده نشد (۳۵).

نتایج تحقیق تنش خشکی روی سنجد پرخار در چین نشان داد که نهال‌ها به‌صورت خوابیده رشد کرده و شاخه‌ها و برگ‌های نازک‌تر و با زوایای بیشتری نسبت به شاهد دارد (۱۹).

گزارش شده است که دلیل کاهش وزن گیاه در اثر تنش خشکی، کاهش پتانسیل اسمزی سلول و کاهش طول سلول و تقسیم در ساقه است. سوپر جاذب، با توانایی زیاد نگهداری آب، می‌تواند اثرهای بد تنش را کاهش دهد. سوپرجاذب باعث بازماندن روزنه‌ها به مدت طولانی می‌شود و سپس باعث تثبیت مناسب با دی‌اکسیدکربن و افزایش وزن خشک در گیاه می‌گردد (۴). عابدی و سهراب (۳) در پژوهشی اثر کانی زئولیت را بر سه نوع خاک سبک، متوسط و سنگین بررسی کردند. نتایج نشان داد میزان آب در دسترس گیاه در هر بافت نسبت به شاهد افزایش داشت. در این پژوهش کاربرد زئولیت موجب بهبود ساختمان خاک به دلیل افزایش چسبندگی خاکدانه‌ها شد.

محتوای نسبی آب، شاخص مناسبی از وضعیت آب برگ می‌باشد. با کاهش مقدار آب آبیاری، نشت یونی سلول‌های برگی گیاه برگ نو به تدریج رو به افزایش گذاشت و در عین حال محتوای نسبی آب برگ به تدریج کم شد. به عبارتی تنش خشکی سبب تغییر در غشای سلولی و در نتیجه افزایش نشت الکترولیت سلول‌ها شده است (۱۳). کاهش پتانسیل اسمزی و محتوای نسبی آب برگ برای حفظ تورژسانس در پاسخ به تنش آبی در بسیاری از گونه‌های زینتی کشت شده در فضای سبز مثل نیلوفر، شاهپسند درختی (*Lantana camara*)، گل کاغذی (*Bougainvillea glabra*)، ناترک (*Dodonaea triquetra*) و شمشاد (*Buxus hyrcana*) گزارش شده است (۳۱). همچنین تنش خشکی منجر به کاهش وزن خشک و شاخص سطح برگ در کوکب کوهی (*Rudbeckia hirta*)، محتوای نسبی آب برگ در گیاه برگ نوی درخشان (*Ligustrum lucidum*) و شیشه شور (*Callistemon citrinus*)، قطر ساقه در بداغ (*Viburnum opulus*) و تعداد برگ در آکاسیا (*Acacia tortilis*) شده است (۳۷). طبق نتایج به‌دست آمده محتوای نسبی آب برگ در شرایطی که محیط بستر کشت با تیمار خاک+زئولیت پر شده بود و با ۱۰۰٪ ظرفیت زراعی آبیاری شد و در تیمار شن+زئولیت در همین سطح آبیاری ۶۵٪ بود که نسبت به سایر تیمارها مقدار بیشتری بود. منطبق با این نتایج غلامحسینی و همکاران (۱۷) به تاثیر مثبت زئولیت در افزایش محتوای نسبی آب برگ آفتابگردان (*Helianthus annuus*) اذعان نمودند که دلیل آن را خاصیت برگشت پذیری جذب و دفع آب توسط زئولیت دانستند. نعیمی و همکاران (۲۷) گزارش کردند که استفاده از زئولیت تحت تیمارهای تنش کم آبی تأثیر مثبت و معنی‌داری بر صفت رطوبت نسبی برگ در کدو پوست کاغذی (*Cucurbita pepo*) داشت و بیشترین میزان رطوبت نسبی برگ در تیمار کاربرد زئولیت در شرایط آبیاری معمول به دست آمد و کمترین میزان آن نیز مربوط به تیمار عدم کاربرد زئولیت در شرایط تنش کم آبی در مرحله گلدهی بود.

با توجه به نتایج جدول ۶ در هر چهار بستر کشت با افزایش تنش، مقدار رنگدانه‌های کلروفیلی و کارتنوئید افزایش یافت. تعدادی از محققان بیان کردند که طی تنش، به دلیل وجود سلول‌های بیشتر در واحد وزن برگ، مقدار کلروفیل ممکن است افزایش یابد (۱۸). کارتنوئیدها ترکیبات تتراترپنی می‌باشند که به عنوان حامی

رنگدانه‌های فتوسنتزی و غیر فتوسنتزی شناخته شده اند که می‌توانند انرژی اضافی طول موج‌های کوتاه را بگیرند و اکسیژن یک‌تایی را به اکسیژن سه تایی تبدیل کرده و با گرفتن رادیکال‌های اکسیژن تولید شده نقش آنتی اکسیدانی از خود بروز دهند (۲۲). در تنش‌های شدید، میزان کارتنوئید، که به عنوان حمایت کننده‌ای برای کلروفیل‌ها در برابر اکسیداسیون نوری به شمار می‌روند، افزوده می‌شود تا مانع تخریب بیشتر کلروفیل‌ها گردد (۲۴). این نتایج با یافته‌های عبدالله و خوشبین (۱) و محمد خانی و حیدری (۲۵) مبنی بر افزایش کارتنوئید در شرایط تنش خشکی مطابقت دارد. احمدی آذر و همکاران (۵) با بررسی اثر خشکی و سوپرجاذب زئولیت بر گیاه پنیرک (*Malva sylvestris*) گزارش کردند که اثرات متقابل تنش خشکی و کاربرد زئولیت بر میزان کلروفیل و کاروتنوئید معنی‌دار بود. به‌طوری‌که هم در کلروفیل a و هم در کلروفیل b بیشترین مقادیر در ۱۰۰٪ ظرفیت زراعی و بیشترین مقدار زئولیت استفاده شده و کمترین مقادیر کلروفیل در ۵۰٪ ظرفیت زراعی و زئولیت شاهد مشاهده شد.

نتیجه‌گیری

با توجه به نتایج به‌دست آمده کاهش سطح آبیاری منجر به کاهش صفات رویشی از جمله وزن تر و خشک گیاه برگ نو، کاهش محتوای نسبی آب برگ و افزایش نشت یونی شد. در بین چهار بستر کشت استفاده شده در این آزمایش، بیشترین وزن تر ساقه، وزن تر ریشه، وزن تر کل، وزن خشک کل و سطح برگ در تیمار خاک+زئولیت و بیشترین وزن تر برگ، حجم ریشه و ارتفاع گیاه در دو تیمار خاک و خاک+زئولیت و کمترین حجم ریشه بدون اختلاف معنی دار در دو تیمار شن و شن+زئولیت بود. همچنین در تیمارهای حاوی زئولیت میزان نشت یونی نسبت به سایر بسترهای کشت کمتر بود. با توجه به نتایج به‌دست آمده به نظر می‌رسد بستر کشت حاوی خاک و همچنین بستر کشت حاوی خاک و زئولیت در شرایط کم آبیاری محیط مناسب تری برای رشد گیاه برگ نو بوده و بسترهای سبک شنی منجر به کاهش رشد گیاه در شرایط بدون تنش و همچنین تحت تنش خواهد شد.

سپاسگزاری

بدین‌وسیله از واحد ویژه خدمات تخصصی علوم باغبانی و مهندسی فضای سبز دانشگاه فردوسی مشهد بابت تامین بخشی از هزینه‌های این پژوهش قدردانی می‌گردد.

منابع

1- Abdalla M.M., and El-Khoshiban N.H. 2007 The influence of water stress on growth, relative water content, photosynthetic pigments, some metabolic and hormonal contents of two *Triticum aestivum* cultivars. Journal of Apply Science Research 3: 2062-2074.
2- Abdulazeez A. 2017. Effects of soil texture on vegetative and root growth of *Senna obtusifolia* seedlings indigenous to Bichi, Sudan savannah of Northern Nigeria, in Green house conditions. IOSR Journal of Agriculture and Veterinary Science 10(4): 70-74.
3- Abedi Kupai J., and Sphrab F. 2004. Influence of zeolite and bentonite minerals on soil hydraulic properties. Proceedings of the 12th Iranian Conference of Crystallography and Mannology, University of Chamran, Ahvaz, pp. 567-562.
4- Abedi-Koupai J., Sohrab F., and Swarbrick G.W. 2008. Evaluation of hydrogel application on soil water retention characteristics. Journal of Plant Nutrition 31: 317-331.
5- Ahmadi Azar F., Hasanloo T., and Feizi V. 2015. Water stress and mineral zeolite application on growth and some physiological characteristics of Mallow (*Malva sylvestris*). Journal of Plant Researches 28(3): 459-474.
6- Banwarie L., Kaushik S.K., and Gautam R.C. 1994. Effect of soil moisture regime, kaolin spray and phosphorus fertilizer on nodulation, P uptake and water use of lentil (*Lense culinaris*). Indian Journal of Agronomy 39:241-245.
7- Beikircher B., and Mayr S. 2009. Intraspecific differences in drought tolerance and acclimation in hydraulics of *Ligustrum vulgare* and *Viburnum lantana*. Tree Physiology, Page 1 of 11.
8- Burger D.W., Hartin J.S., Hodel D.R., Lukaszewski T.A., Tjosvold S.A., and Wagner S.A. 1987. Water use in California's ornamental nurseries. California Agriculture 41: 7-8.
9- Dere S., Günes T., and Sivaci R. 1998. Spectrophotometric determination of chlorophyll - A, B and total carotenoid contents of some Algae species using different solvents. Turkish Journal of Botany 22: 13-17.
10- Farooq M., Wahid A., Kobayashi N., Fujita D., and Basra S.M.A. 2009. Plant drought stress: effects, mechanisms and management. Agronomy for Sustainable Development 29: 185–212
11- Fathi A., and Tari D.B. 2016. Effect of drought stress and its mechanism in plants. International Journal of Life Sciences 10(1): 1-6
12- Franz Ch. 1983. Nutrient and water management for medicinal and aromatic plants. Acta Horticulture 132: 203-215.
13- Fu J., Fry J., and Huang B. 2004. Minimum water requirements of four turfgrasses in the transition zone. Horticultural Science 39: 1740-1744.

14- Ganjali A., Kafi M., Bagheri A., and Shahriari F. 2005. Investigation of Physiomorphological Aspects of Drought Resistance in Chickpea (*Cicer arientinum* L.) Genotypes, PhD Thesis. Mashhad Ferdowsi University.
15- Ghahraman A. 1986. Iran Color Flora. Forests and Rangelands Research Institute Publications.
16- Ghasemi Ghehsareh M., Khosh-Khui M., and Abedi-Koupai J. 2010. Effects of superabsorbent polymer on water requirement and growth indices of *Ficus benjamina* L. 'Starlight'. Journal of Plant Nutrition 33: 785-795.
17- Ghasemi Z. 2014. Effect of irrigation with refined and unrefined municipal wastewater on growth indices and heavy metal accumulation in rosemary and tron species. M.Sc. thesis, Department of Environment, Yazd University.
18- Guan B.H., Ge Y., Fan M.Y., Niu X.Y., Lu Y.J., and Shang J. 2003. Phenotypic plasticity of growth and morphology in *Mosla chinensis* responds to diverse relative soil water content. Acta Ecologica Sinica 23(2): 259-263.
19- Guo, W., Li, B., Zhang, X., Wang, R. 2007. Architectural plasticity and growth responses of *Hippophae rhamnoides* and *Caragana intermedia* seedlings to simulated water stress. Journal of Arid Environments, 69: 385–399.
20- Hamarashid N.H., Othman M.A., and Hussain M.A.H. 2010. Effects of soil texture on chemical compositions, microbial populations and carbon mineralization in soil. Egyptian Journal of Experimental Biology (Botany) 6(1): 59–64.
21- Harb E.M.Z., and Mahmoud M.A. 2009. Enhancing of growth, essential oil yield and components of yarrow plant (*Achillea millefolium*) grown under safe agriculture conditions using zeolite and compost. 4rd Conference on Recent Technologies in Agriculture, Pp 586-592.
22- Inze D., and Montagu M.V. 2000. Oxidative stress in plants. Cornavall Great Britain.
23- Kafi M., Zand A., Kamkar B., Sharifi H., and Goldani M. 2001. Plant Physiology (translation) Mashhad University Press. 379 p.
24- Keikhaii F. 2001. Effect of superabsorbent PR 3005 A on water content and some quantitative and qualitative characteristics of oily flax. M.Sc. Thesis, Faculty of Agriculture, Tarbiat Modarres University, Tehran, Iran.
25- Mohammadkhani N. and Heidari R. 2007. Effects of water stress on respiration, photosynthetic pigments and water content in tow Maize cultivar. Pakistan Journal Biological Science 10: 4022-4028.
26- Mortezaii Nejad F., and Jazi Zade A. 2017. Effects of drought stress on physiological and morphological indices of chicory for introduction in urban green space. Plant Process and Function 6(21): 279-290.
27- Naeemi M., Akbari G.A., Shirani Rad A.H., Hassanlou T., and Akbari G.A. 2012. The Effect of Zeolite and Selenium Foliar Application under Water Deficit Stress on Water Relationships and Antioxidant enzymes in paper pumpkin. Journal of Agricultural Agronomy 14(1): 67-81.
28- Omae H., Kumar A., Kashiviba K., and Shono M. 2007. Assessing drought tolerance of Snap bean *(Phaseolus vulgaris*) from genotypic differences in leaf water relations, shoot growth and photosynthetic parameters. Plant Production Science 10(1): 28-35.
29- Oneill P.M., Shanahan J.F., and Schepers J.S. 2006. Use chlorophyll florescence assessments to differentiate corn hybrid respond to variable water conditions. Crop Science 46: 681-687.
30- Polat E., Karaca M., Demir H., and Naci Onus A. 2004. Use of natural zeolite (clinoptilolite) in agriculture. Journal of fruit and ornamental plant research. Special ed. 12: 183-189.
31- Rastegar S., Zakeri A., and Zakeri B. 2016. Effect of drought stress on vegetative growth and biochemical changes of six tropical ornamental species. Plant Process and Function 5(16): 157-164.
32- Salar N., Farah pour M., and Bahadori F. 2005. The Effect of Terra-Cotta hydrophilic polymer on irrigation period in melon. Third Specialized Training-Agricultural and Industrial Application of Super absorbable Hydrogels.
33- Setayesh R., Kafi M., and Nabati J. 2016. Determination of drought tolerance threshold of ornamental Barberry shrub in Mashhad climatic conditions. Journal of Horticultural Science 30(4): 714-722.
34- Starr F., Starr K., and Loope L. 2003. *Ligustrum* spp. OVERVIEW. United States Geological Survey--Biological Resources Division. Haleakala Field Station, Maui, Hawai.
35- Tabatabaei S.A.H, Jalilvand H., Ahani H. 2014. Drought stress response in Caucasian hackberry: growth and morphology, Journal of Biodiversity and Environmental Sciences 5(3): 158-169.
36- Taylor T.N., Remy W., and Hass H. 1995. Fossil arbuscular mycorrhizae from the early Devonian. Mycologia 87(4): 560-573.
37- Toscano S., Ferrante A., and Romano D. 2019. Response of mediterranean ornamental plants to drought stress. Horticulture Science 5(6):1-20.
38- Wakeel A., Hassan A., Aziz T., and Iqbal M. 2002. Effect of different levels and soil texture on growth and nutrient uptake of maize. Pakistan Journal of Agricultural Sciences 39(2).
39- Yadav M., and Rhee K.Y. 2012 Superabsorbent nanocomposite (*alginate-g-PAMPS/MMT*): synthesis, characterization and swelling behavior. Carbohydrate Polymers 90: 165-173.
40- Yang F., and Miao L.F. 2010. Adaptive responses to progressive drought stress in two poplar species originating from different altitudes. Silva Fennica, 44: 23–37.

Journal of Horticultural Science
Vol. 34, No.3, Fall 2020, P. 451-463
ISSN: 2008 - 4730

نشریه علوم باغبانی (علوم و صنایع کشاورزی)
جلد ۳۴، شماره ۳، پاییز ۱۳۹۹، ص. ۴۶۳-۴۵۱
شاپا: ۴۷۳۰ - ۲۰۰۸

Study on the Effect of Zeolite and Soil Texture on Quantitative and Qualitative Characteristics of *Ligustrum vulgare* in Different Irrigation Levels

Y. Selahvarzi[1*]- S. Sarfaraz[2]- M. Zabihi[3]- M. Kamali[4]
Received: 25-09-2019
Accepted: 11-05-2020

Introduction: Drought is known as one of the most important factors limiting the growth and production of plants in urban landscape. Drought has limited production of 25% of the world's agricultural lands. Water allocated to the landscape irrigation has high value and should be used optimally with high efficiency. Soil texture is a classification instrument used both in the field and laboratory to determine soil classes based on their physical texture. Soil texture can be determined using qualitative methods such as texture by feel, and quantitative methods such as the hydrometer method. Soil texture has agricultural applications such as determining crop suitability and predicting the response of the soil to environmental and management conditions such as drought or calcium (lime) requirements. Soil texture focuses on the particles that are less than two millimeters in diameter which include sand, silt, and clay. Soil texture affects the water content and drainage ability of soils. This is because texture controls the nature of soil pores, i.e. the voids or spaces between the mineral particles in a clay soil. For example, there are many minute pores or micro pores between the tiny clay particles. Being small, they tend to retain water but to exclude air. As a result, clay soils are prone to drain poorly and to become waterlogged. By contrast, sandy soils are dry soils. On the other hand, application of new techniques to maintain soil moisture is essential. One of these techniques for increasing soil water retention is use of natural moisture absorbing materials such as zeolite. Zeolites are one of the new and effective substances to improve the soil water retention and preserve water and minerals in the soil. Zeolites contain elements such as potassium, calcium, sodium, silicon, aluminum, magnesium, iron and phosphorus that can be considered as the best dietary supplement and fertilizer and play an important role in the utilization and production of the most agricultural products.

Ligustrum vulgar L., belongs to the *Oleaceae* family, is native to warm regions, European and Asian countries including Iran. This plant is one of the most widely used perennial plants in the landscape spaces. This study was designed to investigate the effects of drought stress and soil texture on growth and some qualitative and quantitative traits of the *Ligustrum vulgare*.

Materials and Method: In order to investigate the effect of zeolite and soil texture on quantitative and qualitative traits of *Ligustrum vulgare* under drought stress, a factorial experiment was conducted based on completely randomized design with three replications, in the greenhouse of Agricultural Faculty, Ferdowsi University of Mashhad in 2019. The treatments consisted of four types of soil texture (100% soil, 100% sand, 80% soil + 20% zeolite, 80% sand + 20% zeolite) and three levels of irrigation (25, 50 and 100% field capacity).

Plant height, number of leaves, number of lateral branches, maximum root length, root volume, shoot and root dry weight and length of lateral branches were measured in each pot. Physiochemical traits such as relative water content, electrolyte leakage and photosynthetic pigments were also measured. Statistical analysis of data was analyzed by JMP8 software. Graphs were plotted using excel and all mean comparisons were performed by LSD test at $P<0.05\%$.

Results and Discussion: According to the results, decreasing irrigation levels reduced vegetative traits such as fresh weight and dry weight. Relative water content also decreased, but ion leakage increased by decreasing irrigation levels. The highest stem fresh weight (18 g), root fresh weight (29 g), total fresh weight (56 g) and total dry weight (20 g) were observed in soil + zeolite, and the highest leaves fresh weight, root volume and plant height were obtained in soil and soil + zeolite treatments. The lowest root volume was observed in sand and zeolite treatments which had no significant differences. In addition, ion leakage was lower in the treatments containing zeolite than the other treatments. The highest amount of SPAD (72) and chlorophyll b (31.5 mg / g fresh weight) were observed in sand + zeolite treatment and 25% field capacity. According to the results, it

1 and 4- Assistant Professor and Graduated Ph.D. in Horticulture, Horticulture Department, Ferdowsi University of Mashhad, respectively.
(*- Corresponding Author Email: Selahvarzi@umac.ir)
2 and 3- Mashhad Municipality Experts

seems that soil and soil + zeolite in low irrigation conditions were more suitable environment for growth of *Ligustrum vulgare* and sandy bedding would reduce plant growth in normal conditions as well as under drought stress.

Keywords: Chlorophyll, Electrolyte leakage, Leaf area, Relative water content, Urban landscape